

## OPTIMALISASI PENYERAPAN RADIASI MATAHARI PADA SOLAR WATER HEATER MENGGUNAKAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN

Agam Sulistyo\*, Arrad Ghani Safitra, Radina Anggun Nurisma

Jurusan Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Jl. Raya ITS – Kampus PENS, Sukolilo, Surabaya 60111, Telp : 62 31 594 7280

\*Email: agamsulistyo@gmail.com

### Abstrak

*Solar water heater merupakan salah satu alat yang menggunakan kolektor surya dengan memanfaatkan energi panas matahari untuk memanaskan air. Besarnya radiasi matahari yang diterima oleh kolektor surya diantaranya dipengaruhi oleh sudut kemiringan ( $\beta$ ) bidang permukaan kolektor surya. Sudut kemiringan berhubungan dengan sudut datang matahari langsung ( $\theta$ ) sehingga dapat mempengaruhi besarnya radiasi matahari yang diterima oleh kolektor surya. Dengan memvariasikan nilai sudut kemiringan kolektor surya, dapat diketahui nilai sudut yang optimal kolektor surya untuk menyerap energi panas matahari. Arah hadap kolektor surya divariasikan pada keempat arah mata angin dengan sudut kemiringan yang sama untuk menentukan arah mata angin yang optimal. Kemudian sudut kemiringan kolektor surya divariasikan pada sudut  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $35^\circ$ . Kolektor surya dibuat dengan menggunakan kaca penutup jenis kaca bening dan tube pemanas yang terbuat dari pipa tembaga. Absorber yang digunakan adalah jenis absorber pelat datar yang terbuat dari pelat aluminium. Aliran air dalam tube pemanas diatur konstan pada debit 75 liter/jam. Pengujian dilakukan di kampus PENS, Surabaya mulai dari pukul 09.00 hingga 15.00 WIB dengan pengambilan data setiap satu jam sekali. Berdasarkan hasil pengujian, kolektor surya mengalami penyerapan radiasi optimal pada sudut kemiringan  $30^\circ$  menghadap utara dengan efisiensi rata-rata kolektor surya mencapai 63,93%.*

**Kata kunci:** kolektor surya, solar water heater, sudut kemiringan

## 1. PENDAHULUAN

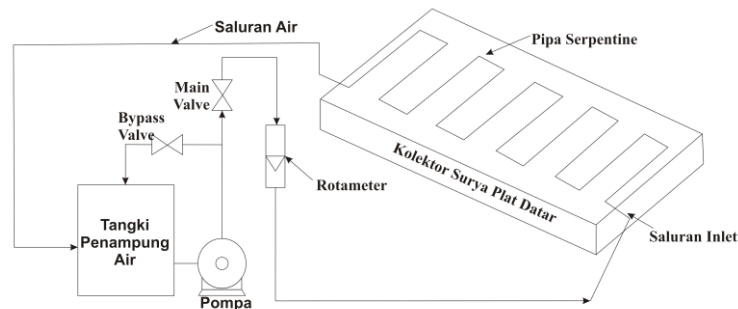
Berkurangnya potensi energi fosil terutama minyak dan gas bumi, mendorong pemerintah untuk menjadikan energi baru terbarukan sebagai prioritas utama untuk menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat melimpah tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu energi terbarukan tersebut adalah energi panas matahari yang potensinya mencapai 207,9 GW sementara pemanfaatannya hanya sekitar 78,5 MW (Prasojo dkk., 2016). Dengan tantangan penyediaan energi dan potensi energi surya tersebut, banyak dilakukan penelitian untuk dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi surya. Salah satu pemanfaatan energi surya adalah penggunaan kolektor surya untuk mengumpulkan energi panas matahari. *Solar water heater* merupakan salah satu alat yang menggunakan kolektor surya untuk memanaskan air.

Kolektor surya digunakan untuk mengumpulkan energi panas radiasi matahari yang kemudian energi panas tersebut diteruskan ke dalam air yang mengalir di dalamnya. Besarnya energi panas matahari yang diterima kolektor surya, bergantung dari intensitas radiasi matahari tiap waktu, sudut pasang serta kemampuan kolektor surya untuk menyerap energi panas radiasi matahari. Sudut kemiringan dan arah hadap (sudut azimuth) kolektor surya berhubungan dengan sudut datang radiasi langsung matahari (Duffie dan Beckman, 2013). Radiasi matahari langsung mempunyai sudut datang ( $\theta$ ) untuk mencapai permukaan. Dengan mengatur sudut kemiringan permukaan kolektor surya dapat mengoptimalkan energi radiasi matahari yang diterima kolektor surya (Yadav dan Chandel, 2013). Selain sudut kemiringan, arah hadap kolektor surya juga mempengaruhi besarnya energi panas radiasi matahari yang dapat diterima kolektor surya. Selain memvariasikan sudut kemiringan, pada penelitian ini juga meneliti arah hadap kolektor surya untuk mendapatkan penyerapan energi matahari yang optimal. Modifikasi komponen-komponen pada kolektor surya merupakan cara untuk dapat meningkatkan performansi *solar water heater*. Rancang bangun *solar water heater* dengan variasi sudut kemiringan serta arah hadap kolektor surya diharapkan mampu menjadi salah satu alternatif dalam optimalisasi pemanfaatan energi matahari.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Perancangan *Solar Water Heater*

Pada sebuah *solar water heater* terdapat beberapa komponen, diantaranya adalah kolektor surya, tangki penampung air, pompa dan sistem perpipaan untuk mengatur debit aliran fluida kerja yang akan dialirkan ke dalam kolektor surya. Fluida kerja adalah air yang ditampung dalam tangki penampung dengan kapasitas 75 liter. Sistem aliran air adalah *close loop*, dimana air yang telah melewati kolektor surya akan ditampung kembali di dalam wadah yang sama seperti saat sebelum melewati kolektor surya. Air yang telah dipanaskan akan dipanaskan kembali di dalam kolektor surya hingga pengujian berakhir. Air dari wadah penampung dipompa melewati *valve* utama yang digunakan untuk mengatur debit aliran masuk kolektor surya. Selain itu juga ada *valve bypass* untuk mempermudah pengaturan debit aliran masuk. Terdapat rotameter untuk mengetahui debit aliran air yang masuk ke dalam kolektor surya. Berikut adalah gambar sistem pada *solar water heater* :



**Gambar 1. Sistem *solar water heater***

Rangka *solar water heater* terbuat dari besi *hollow* dengan dimensi 1 m x 0,5 m x 1,2 m. Pada bagian atas, diberi dua potong besi yang dipasang sejajar untuk penyangga kolektor surya dan pelat busur yang digunakan untuk mengatur sudut kemiringan kolektor. Untuk mengatur sudut kemiringan terdapat lubang sepanjang pelat busur serta baut dan mur untuk menjepit kolektor surya. Kompas digunakan untuk mengatur arah hadap kolektor surya, dengan mengatur secara manual kemudian memutar rangka agar sejajar dengan penunjukan jarum kompas. Kompas tidak dirangkai dan dijadikan satu dengan alat, karena penunjukan jarum kompas akan terganggu apabila didekatkan dengan logam.



**Gambar 2. *Solar water heater* dengan sudut kemiringan**

### 2.2. Metode Pengambilan Data

Penelitian *solar water heater* dengan variasi sudut kemiringan dilaksanakan pada bulan Mei - Agustus 2017 di lingkungan kampus Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang berada pada koordinat 7,28 LS dan 112,79 BT. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan sudut kemiringan ( $\beta$ ) dan arah hadap (sudut azimut) kolektor surya agar didapatkan besar sudut yang dapat menyerap energi radiasi matahari dengan optimal. Sudut kemiringan yang divariasikan

adalah sudut  $0^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ , dan  $35^\circ$  dan sudut azimut yang divariasikan adalah selatan, barat, utara dan timur. Pengujian dilakukan dengan menguji terlebih dahulu variasi sudut azimut, setelah didapatkan sudut yang optimal kemudian dilakukan pengujian dengan variasi sudut kemiringan. Debit aliran air didalam *tube* pemanas pada kolektor surya diatur konstan 75 liter/jam. Pengambilan data pengujian dilakukan pada pukul 09.00 s.d. 15.00 WIB dengan pengambilan data setiap satu jam sekali. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan parameter dan alat ukur yang digunakan :

**Tabel 1. Parameter dan alat ukur yang digunakan**

Jenis Parameter	Parameter	Alat Ukur
Parameter yang diukur	Intensitas radisasi matahari pada tempat pengujian	<i>Phyranometer</i>
	Kecepatan udara <i>ambient</i> ( $V_a$ )	Anemometer
	Temperatur udara <i>ambient</i> ( $T_{sky}$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur fluida masuk ( $T_{fi}$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur fluida keluar ( $T_{fo}$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur pelat <i>absorber</i> ( $T_p$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur kaca penutup ( $T_{cg}$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur <i>tube</i> pemanas ( $T_t$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur udara di dalam kolektor surya ( $T_{\square}$ )	<i>Thermistor</i>
	Temperatur isolator panas ( $T_{gw}$ )	<i>Thermistor</i>
Parameter yang ditetapkan	Debit aliran air	Rotameter

### 2.3. Perhitungan Perpindahan Panas dan Efisiensi Termal Kolektor Surya

Intensitas matahari yang diterima bumi adalah intensitas matahari langsung ( $I_b$ ) dan intensitas matahari hambur ( $I_d$ ). Apabila suatu kolektor diletakkan miring sebesar  $\beta$  terhadap horizontal maka jumlah radiasi total yang diterima permukaan tersebut tiap jam dapat dirumuskan (Duffie dan Beckman, 2013) sebagai berikut :

$$I_T = I_b R_b + \frac{I_d(1 + \cos \beta)}{2} + \frac{1\rho_g(1 - \cos \beta)}{2} \quad (1)$$

dimana  $\tau_b$  merupakan transmisivitas *beam* (langsung) dan  $\tau_d$  adalah transmisivitas hambur matahari. Sedangkan radiasi matahari yang diserap oleh kolektor surya ( $S$ ), dihitung menggunakan persamaan (Duffie dan Beckman, 2013) berikut:

$$S = 1,01 \tau_k \alpha_p I_T \quad (2)$$

Dimana  $\tau_k$  adalah transmisivitas kaca dan  $\alpha_p$  adalah absorpsivitas pelat absorber.

Energi panas yang diserap oleh pelat absorber dipindahkan ke fluida kerja melalui proses perpindahan panas secara konveksi, radiasi dan konduksi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung energi panas yang diterima oleh kolektor surya secara teoritis (Duffie dan Beckman, 2013) dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_{fi} - T_u)] \quad (3)$$

dimana  $F_R$  merupakan faktor pelepasan panas dan  $U_L$  adalah koefisien kerugian panas total pada kolektor surya.

Sedangkan energi panas dari kolektor surya yang dimanfaatkan untuk pemanas air secara aktual menurut hukum termodinamika (Moran dkk, 2010) adalah sebagai berikut :

$$Q_u = \dot{m} C_p (T_{fo} - T_{fi}) \quad (4)$$

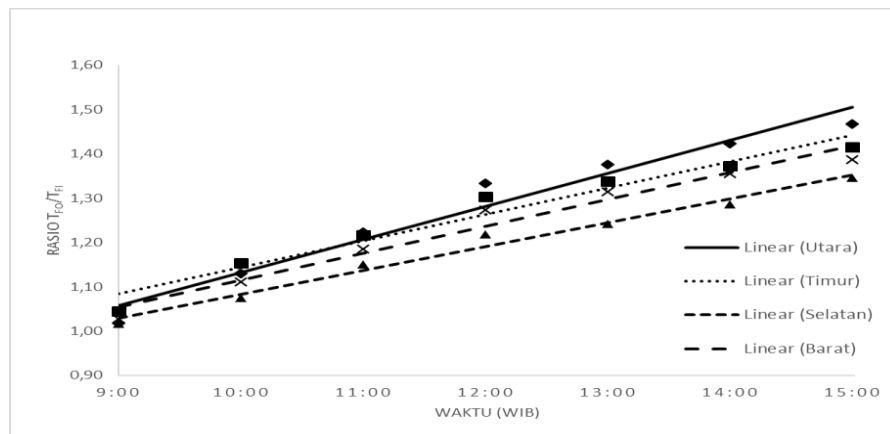
Efisiensi kolektor surya merupakan perbandingan panas yang diserap oleh fluida atau energi berguna dengan intensitas radiasi matahari yang mengenai kolektor. Berikut adalah persamaan untuk menghitung efisiensi kolektor surya (Duffie dan Beckman, 2013) :

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T} \quad (5)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Variasi Arah Hadap Kolektor Surya

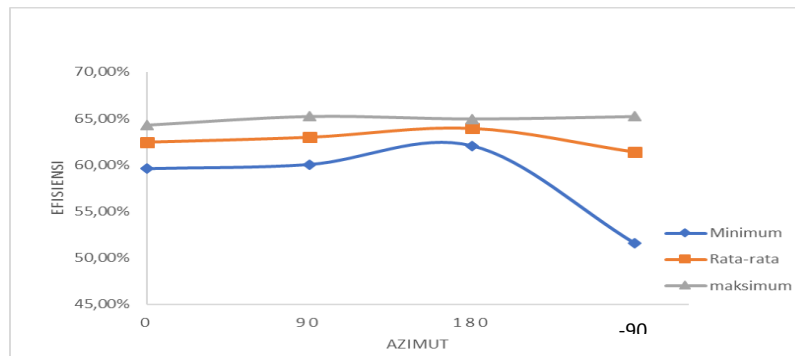
Dari pengujian dihasilkan data yang digunakan untuk menganalisa proses perpindahan panas radiasi matahari ke dalam kolektor surya menggunakan persamaan-persamaan yang ada. Berikut ini beberapa hasil perhitungan yang telah dijadikan grafik untuk dapat dijadikan analisa.



**Gambar 3. Grafik perbandingan temperatur air keluar dan masuk kolektor surya**

Grafik di atas merupakan perbandingan antara temperatur air keluar ( $T_{fo}$ ) dengan temperatur air masuk ( $T_{fi}$ ) kolektor surya ( $T_{fo}/T_{fi}$ ) selama enam jam pengujian. Kolektor surya dihadapkan pada empat arah mata angin (utara, timur, selatan, barat) dengan sudut kemiringan yang sama yakni  $30^\circ$  pada waktu pengujian yang berbeda. Setelah didapatkan data pada tiap arah mata angin, kemudian semua data tersebut dikurvakkan dalam satu grafik. Dengan perbandingan ini dapat diketahui besarnya rasio peningkatan temperatur pada tiap arah hadap kolektor surya. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa tren kenaikan temperatur ( $T_{fo}/T_{fi}$ ) yang paling tinggi adalah kolektor dengan menghadap arah utara dengan rasio 1,47. Hal ini dapat disebabkan karena lokasi pengujian *solar water heater*. Lokasi pengujian yang berada di Surabaya, Jawa Timur termasuk di wilayah selatan khatulistiwa sehingga posisi matahari selalu berada di sebelah utara lokasi pengujian. Dengan posisi yang selalu menghadap matahari, maka kolektor surya terpanasi oleh radiasi matahari sepanjang hari. Dengan demikian pada arah hadap utara, kolektor surya memiliki temperatur air keluar yang paling tinggi dengan rasio ( $T_{fo}/T_{fi}$ ) sebesar 1,47.

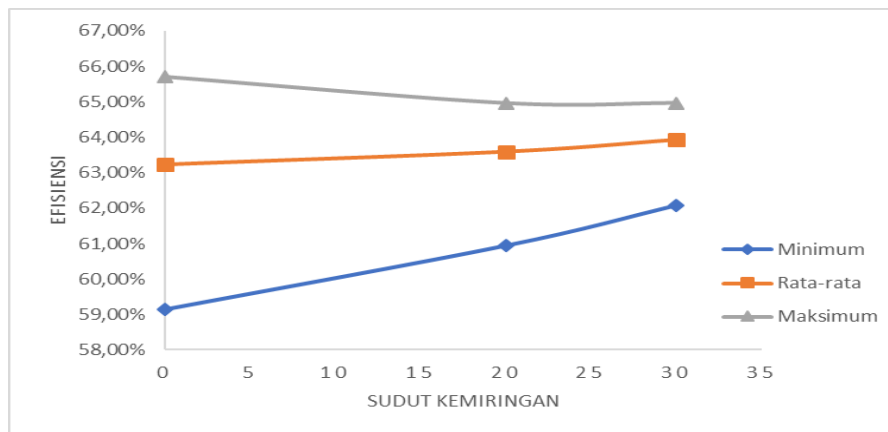
Selain dari hasil perhitungan rasio ( $T_{fo}/T_{fi}$ ), hasil perhitungan efisiensi termal kolektor surya juga menunjukkan bahwa sudut azimuth  $180^\circ$  (utara) memiliki efisiensi rata-rata paling tinggi dan relatif stabil sepanjang hari dibandingkan dengan arah hadap yang lain. Nilai efisiensi pada arah hadap utara dengan sudut kemiringan  $30^\circ$  mencapai nilai maksimal 64,96% dengan nilai rata-rata 63,93%. Berikut adalah grafik yang menunjukkan pengaruh arah hadap (azimut) terhadap efisiensi rata-rata termal kolektor surya:



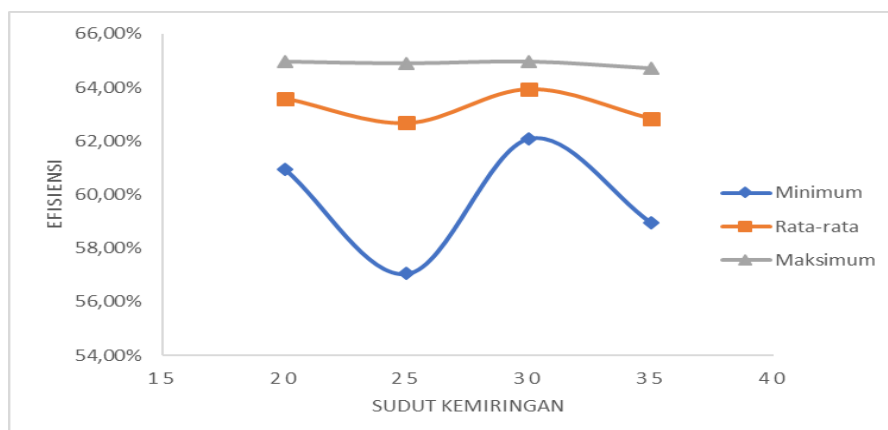
**Gambar 4. Grafik efisiensi terhadap sudut azimut kolektor surya**

### 3.2. Variasi Sudut Kemiringan Kolektor Surya

Setelah diketahui arah hadap kolektor surya yang optimal, maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan memvariasikan sudut kemiringan. Kolektor surya menghadap arah yang tetap yakni arah utara dengan variasi sudut kemiringan sebesar  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $35^\circ$ . Berikut ini adalah hasil pengujian kolektor surya dengan variasi sudut kemiringan.



**Gambar 5. Grafik perbandingan efisiensi dengan tanpa dan menggunakan sudut kemiringan kolektor surya**



**Gambar 6. Grafik efisiensi terhadap variasi sudut kemiringan kolektor surya**

Gambar 5 menunjukkan perbandingan efisiensi rata-rata kolektor surya ketika horizontal (sudut kemiringan  $\beta=0^\circ$ ) dan dengan diberi sudut kemiringan. Berdasarkan grafik tersebut diketahui bahwa dengan diberi sudut keringan ( $\beta=20^\circ$  &  $\beta=30^\circ$ ) mampu menghasilkan efisiensi

kolektor surya yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan sudut kemiringan kolektor surya berhubungan dengan sudut sinar datang matahari ( $\theta$ ) (Duffie dan Beckman, 2013). Dimana kolektor surya yang dimiringkan akan lebih menyesuaikan dengan arah datangnya sinar matahari. Sehingga akan diperoleh intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi pula. Dengan intensitas radiasi yang tinggi akan mampu mengoptimalkan kinerja kolektor surya untuk memanaskan air.

Selanjutnya perlu diketahui sudut kemiringan yang mampu menghasilkan efisiensi kolektor surya paling optimal. Pada penelitian kali ini digunakan sudut kemiringan  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $35^\circ$ . Nilai-nilai tersebut digunakan berdasarkan referensi pada penelitian sebelumnya seperti penelitian (Nugraha & Dwiyanoro, 2015), (Dwi dkk, 2014) yang menggunakan variasi sudut kemiringan pada *range*  $5^\circ$  hingga  $30^\circ$ . Berdasarkan grafik pada gambar 6 ditunjukkan tren efisiensi rata-rata tiap variasi sudut kemiringan. Diketahui bahwa sudut kemiringan  $30^\circ$  memiliki efisiensi rata-rata paling tinggi dan juga tren yang relatif stabil. Nilai efisiensi sudut kemiringan  $30^\circ$  mencapai nilai maksimum 64,96% dengan nilai rata-rata 63,93%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan  $30^\circ$  merupakan sudut yang paling optimal dalam menyerap energi radiasi matahari. Hal ini disebabkan karena permukaan kolektor yang menghadap ke arah utara. Dimana pada waktu pengambilan data peredaran matahari terjadi di utara sekitar  $17^\circ$  dari garis khatulistiwa. Selain itu juga lokasi pengujian yang berada pada 7,28 LS menyebabkan perbedaan sudut datang matahari. Hal tersebut menyebabkan pada sudut kemiringan  $30^\circ$  menerima intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi dibanding sudut kemiringan yang lain.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengambilan data dan analisa yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa arah hadap kolektor surya yang optimal sesuai dengan lokasi pengujian adalah menghadap arah utara yang memiliki rata-rata rasio  $T_{ro}/T_{fi}$  tertinggi dibandingkan arah hadap yang lain yakni sebesar 1,47. Sudut pasang kolektor surya yang optimal adalah pada sudut kemiringan  $30^\circ$  dengan efisiensi kolektor surya mencapai 64,96% dengan nilai rata 63,93% ketika menghadap arah utara. Sudut pasang yang optimal tergantung dari lokasi dan waktu pengambilan data.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Duffie, J. A. and Beckman, W. A. (2013) *Solar Engineering of Thermal Processes*. doi: 10.1002/9781118671603.fmatter.
- Moran, M. J. *et al.* (2010) *Gas Power Systems, Fundamentals Of Engineering Thermodynamics*.
- Nugraha, D. and Dwiyanoro, A. (2015) "Performansi Kolektor Surya Pemanas Air dengan Penambahan External Helical Fins pada Pipa dengan Variasi Sudut Kemiringan Kolektor", *Jurnal Teknik ITS*, Vol 4 No.1, Tahun 2015.
- Prasojo, E., dkk. (2017) *Outlook Energi Indonesia 2016*, Dewan Energi Nasional.
- Yadav, A. K. and Chandel, S. S. (2013) "Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier, 23, pp. 503–513. doi: 10.1016/j.rser.2013.02.027.